

5

10

### Abgassystem für eine Brennkraftmaschine

15

#### Stand der Technik

20 Die Erfindung betrifft ein Abgassystem für eine Brennkraftmaschine, mit einem Tiefenfilter zur Entfernung von Ruß aus dem Abgas, wobei mindestens der Tiefenfilter ein Katalysatormaterial umfasst, welches die Rußoxidation fördert.

25 Ein Abgassystem der eingangs genannten Art ist aus der DE 101 30 338 A1 bekannt. In dieser wird ein Abgassystem für eine Diesel-Brennkraftmaschine beschrieben. Mit dem Abgassystem sollen auch Rußpartikel aus dem Abgas herausgefiltert werden können.

30

Eine Möglichkeit hierfür sind Oberflächenfilter, welche auch als Wallflow- oder Wandfluss-Filter mit einer wabenartigen Struktur realisiert werden, deren Strömungskanäle wechselseitig verschlossen sind, so dass  
35 das Abgas durch die porösen Filterwände strömen muss. Um

einer Verstopfung des Filters mit zunehmender Rußbeladung entgegenzuwirken, muss ein solcher Filter jedoch kontinuierlich oder zyklisch von dem sich ansammelnden oder bereits angesammelten Ruß befreit werden. Dies ist mittels  
5 thermischer Verbrennung oder/und katalytischer Verfahren möglich.

Bei der Verwendung von thermischen Verfahren muss zunächst aus dem Abgas Stickstoffmonoxid in Stickstoffdioxid  
10 umgewandelt werden. Dieses kann wiederum ab Temperaturen von ca. 300°C Dieselruß oxidieren. Da moderne Brennkraftmaschinen jedoch nur noch sehr wenig Stickstoffmonoxid emittieren, steht oft nicht ausreichend Stickstoffdioxid für die Umwandlung des Dieselrußes zur  
15 Verfügung. Katalytische Verfahren sind dagegen bisher oft vergleichsweise ineffizient, da die Kontaktflächen zwischen dem Ruß und dem Katalysator gering sind.

Aus der DE 101 30 338 A1 ist auch ein Tiefenfilter bekannt.  
20 Dieser weist ein offenes Porensystem auf, welches so ausgestaltet ist, dass auch größere Rußteilchen innerhalb des Filterkörpers abgeschieden werden können. Die Filterwirkung dieses Tiefenfilters erstreckt sich daher über dessen gesamtes Volumen beziehungsweise seine gesamte  
25 Oberfläche. Auch hier wird einer Verstopfung des Tiefenfilters dadurch entgegengewirkt, dass dieser mit einem Katalysator versehen ist, der die Rußoxidation im Tiefenfilter auch bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen ermöglichen soll. Hierzu werden  
30 Katalysatorpartikel feindispers auf der Oberfläche des Tiefenfilters verteilt.

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, ein Abgassystem der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass  
35 einerseits ein möglichst hoher Anteil an Rußpartikeln aus

dem Abgas herausgefiltert werden kann, und dass andererseits eine einfache und wirkungsvolle Regenerierung der eingesetzten Filter möglich ist.

- 5 Diese Aufgabe wird bei einem Abgassystem der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass ein inneres Porengefüge des Tiefenfilters mit einem Katalysatormaterial versehen ist, welches bei einer Betriebstemperatur des Tiefenfilters, insbesondere ab einer Temperatur von  
10 ungefähr höchstens 400°C, stärker bevorzugt von höchstens ungefähr 350°C, flüssig ist.

15 Vorteile der Erfindung

- Die Verwendung eines Flüssigkatalysators bei dem eingesetzten Tiefenfilter hat den Vorteil, dass das Katalysatormaterial im flüssigen Zustand zu den  
20 Rußpartikeln strömen, ja diese sogar überdecken kann, und bei wesentlich niedrigeren Temperaturen als bisher angesammelten Ruß oxidieren kann. Dabei wird eine um ein Vielfaches größere Kontaktfläche zwischen den Rußpartikeln und dem Katalysatormaterial geschaffen, was die  
25 Oxidationsrate der im Tiefenfilter abgelagerten Rußpartikel deutlich erhöht. Der flüssige Zustand liegt dabei bereits bei Betriebstemperatur des Tiefenfilters, die normalerweise mit der Abgastemperatur zusammenhängt, vor. Die Betriebstemperatur kann wiederum entweder im normalen  
30 Betrieb oder in speziellen Betriebsphasen erreicht werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Zunächst wird vorgeschlagen, dass das Katalysatormaterial des Tiefenfilters ein "Molten Salt"-Material, insbesondere  $\text{Cs}_2\text{SO}_4\text{V}_2\text{O}_5$  oder Cs-Vanadate oder Ag-Verbindungen, insbesondere Ag-Vandante umfasst. Diese Materialien liegen  
 5 bei Temperaturen ab ca.  $350^\circ \text{C}$  in flüssiger Form vor.

Kombiniert werden können diese Materialien ggf. weiteren katalytisch wirkenden Stoffen, beispielsweise: Rh und/oder Pd, auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Cer oxiden  
 10 und/oder Mischoxiden wie beispielsweise Ce/ $\text{ZrO}_2$ , oder ohne Träger; Elemente der Gruppe 11 (Ag, Au, und/oder Cu) auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Cer oxiden und/oder Mischoxiden wie beispielsweise Ce/ $\text{ZrO}_2$ , oder ohne Träger; Sauerstoff speichernde und abgebende Materialien,  
 15 beispielsweise Verbindungen von Mn, Fe, Ce, Pr; unter Abgasbedingungen nitratbildende Materialien ( $\text{NO}_x$ -Speicher), insbesondere Elemente der Erdalkaligruppe, sowie der Gruppe 3 und der Seltenen Erden; und/oder Materialien, die sich durch eine hohe Acidität auszeichnen, beispielsweise  
 20 Zeolithe und folgende Oxide oder Oxidmischungen:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Boroxide.

Besonders vorteilhaft ist ein Abgassystem, bei dem der Tiefenfilter einen offenporigen Siliciumcarbid-Schaumfilter  
 25 mit Porendurchmessern im Bereich von ungefähr  $40\mu$  bis ungefähr  $1000\mu\text{m}$  und einer Porosität von mindestens ungefähr 60% umfasst. Ein solcher Tiefenfilter ist vergleichsweise preiswert und einfach herstellbar und verfügt über eine ausreichend gute Filterleistung.

30 Vorgeschlagen wird auch, dass das Abgassystem einen nachgeschalteten Oberflächenfilter umfasst, und dass stromaufwärts von dem Oberflächenfilter eine Katalysatoreinrichtung angeordnet ist, durch die aus dem  
 35 Abgas Stickstoffdioxid gebildet wird.

Dieses erfindungsgemäße Abgassystem ermöglicht es, mehr als 99% der im Abgas enthaltenen Rußpartikel herauszufiltern. Obwohl ein Tiefenfilter prinzipbedingt nur ungefähr maximal 90% der im Abgas enthaltenen Rußpartikel herausfiltern kann, wird dies durch den nachgeschalteten Oberflächenfilter ermöglicht, der wiederum von dem durch den Tiefenfilter hindurchtretenden ungefähr 10%igen Rußanteil bis zu 95 bis 99% herausfiltern kann. Da insgesamt gesehen jedoch nur noch eine geringe Rußmenge überhaupt bis zum Oberflächenfilter gelangt, kann dieser vergleichsweise lange betrieben werden, ohne von dem sich dort bildenden Filterkuchen befreit werden zu müssen. Somit wird insgesamt ein Abgassystem geschaffen, welches einfach arbeitet, eine hohe Lebensdauer aufweist, und ein Herausfiltern beinahe des gesamten Rußanteils aus dem Abgas ermöglicht.

Die vorgeschlagene Katalysatoreinrichtung kann insbesondere mit einem Platin-Katalysatormaterial arbeiten. Hierdurch wird im Betrieb der Brennkraftmaschine Stickstoffdioxid gebildet, welches am Oberflächenfilter bei einer entsprechenden Temperatur den Ruß abbrennt. Dies ist auch kontinuierlich möglich und gestattet ein vollständiges Freihalten des Oberflächenfilters, da ja vom Tiefenfilter nur vergleichsweise wenig Ruß überhaupt zum Oberflächenfilter gelangt, dort also nur eine vergleichsweise geringe Rußmenge abgebrannt werden muss.

Möglich ist auch, dass das Abgassystem einen nachgeschalteten Oberflächenfilter umfasst, und dass eine Struktur des Oberflächenfilters mit einem Katalysatormaterial versehen ist. Durch den Oberflächenfilter werden vom Tiefenfilter nicht zurückgehaltene Partikel zumindest zu einem großen Teil aus

dem Gasstrom herausgefiltert. Aufgrund des vorgeschalteten Tiefenfilters hat der Oberflächenfilter jedoch nur einen Teil der Gesamtpartikelmasse zu bewältigen, was dessen kontinuierliche Regeneration, beispielsweise mittels im Abgas enthaltener Stickoxide, ermöglicht. Durch das Katalysatormaterial wird die Oxidation der Rußpartikel am Oberflächenfilter nochmals verbessert.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das Katalysatormaterial des Oberflächenfilters ein Material aus der obigen umfangreichen Aufzählung umfasst.

Alternativ oder zusätzlich kann das Katalysatormaterial des Oberflächenfilters auch ein herkömmliches  $\text{NO}_x$ -Speicher-Katalysatormaterial, ein herkömmliches  $\text{NH}_3$ -SCR-Katalysatormaterial, und/oder ein sonstiges Material zur Minderung von Stickoxidemissionen umfassen. Damit erhält der Oberflächenfilter eine zusätzliche Funktion, er dient nämlich auch als Katalysatoreinrichtung zur Verminderung weiterer Emissionen, insbesondere der Stickoxidemissionen.

Ein vergleichsweise preiswerter Oberflächenfilter ist ein Cordieritfilter mit einer Zellenzahl von ungefähr 50 bis 300 cpsi, einer Porosität von ungefähr 50% und einem Porendurchmesser von höchstens ungefähr 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise höchstens ungefähr 40  $\mu\text{m}$ , noch stärker bevorzugt höchstens ungefähr 10  $\mu\text{m}$ .

Besonders kompakt baut das erfindungsgemäße Abgassystem, wenn der Oberflächenfilter auf seiner Einströmseite ein Pt-Katalysatormaterial, insbesondere Pt-Ce/ $\text{ZrO}_2$ , und auf seiner Ausströmseite ein herkömmliches  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatormaterial umfasst. In diesem Fall wird am Eingang des Oberflächenfilters das für die Rußverbrennung erforderliche Stickstoffdioxid generiert, und auf der

Ausströmseite arbeitet der Oberflächenfilter als NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator, welcher die Stickoxidemissionen reduziert.

- 5 Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Abgassystem jener Art, bei dem dem Tiefenfilter ein Oberflächenfilter nachgeschaltet ist. Es wird vorgeschlagen, dass sich im Oberflächenfilter ablagernder Ruß kontinuierlich oxidiert  
10 wird. Dies ist möglich, da bis zum Oberflächenfilter nur noch vergleichsweise wenig Rußpartikel gelangen, und da wegen des vergleichsweise großen Volumenstroms, welcher durch den Oberflächenfilter hindurchtritt. Auf diese Weise bleibt der Oberflächenfilter immer maximal durchgängig, was  
15 für Wirkungsgrad des Abgassystems optimal ist.

#### Zeichnung

- 20 Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:
- 25 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Abgassystems mit einem Tiefenfilter und einem nachgeschalteten Oberflächenfilter;
- 30 Figur 2 einen schematischen Schnitt durch einen Bereich des Tiefenfilters von Figur 1;
- Figur 3 ein Detail III der Figur 2; und
- 35 Figur 4 einen schematischen Schnitt durch einen Bereich des Oberflächenfilters von Figur 1.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

5

In Figur 1 trägt ein Abgassystem einer Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Die Brennkraftmaschine selbst ist nur schematisch dargestellt und mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnet. Die heißen Verbrennungsabgase werden von der Brennkraftmaschine 12 über ein Abgasrohr 14 abgeleitet. Dieses führt zunächst zu einem Tiefenfilter 16, der mit einer katalytischen Einrichtung 18 versehen ist. Diese wird weiter unten noch stärker im Detail beschrieben. Vom Tiefenfilter 16 führt das Abgasrohr 14 weiter zu einem Oberflächenfilter 20. Dieser ist auf seiner Einströmseite mit einer katalytischen Einrichtung 22 und auf seiner Ausströmseite mit einer weiteren katalytischen Einrichtung 24 versehen. Er wird ebenfalls weiter unten stark im Detail erläutert.

20

Bei der Brennkraftmaschine 12 handelt es sich um eine Diesel-Brennkraftmaschine. In deren Abgas sind vor allem während bestimmter Betriebsphasen zunächst noch Rußpartikel enthalten, welche von den beiden Filtern 16 und 20 aus dem Abgasstrom herausgefiltert werden. Bei dem Tiefenfilter 16 werden die Rußpartikel im Inneren des Filters abgelagert. Bei dem Tiefenfilter 16 liegt somit eine Filterwirkung über sein Gesamtvolumen beziehungsweise seine Gesamtoberfläche vor. Ein Ausschnitt eines inneren Bereichs des Tiefenfilters 16 ist in Figur 2 gezeigt. Danach weist der Tiefenfilter 16 Poren 26 auf, die zwischen einer Struktur 28 des Tiefenfilters 16 gebildet sind. Diese Struktur ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus Siliciumcarbid hergestellt, so dass ein so genannter offenporiger Siliciumcarbid-Schaumfilter 16 gebildet wird..

35



Grundsätzlich kommen für den Tiefenfilter 16 jedoch alle  
offenporösen Körper und Schüttungen aus keramischem und  
metallischem Material beziehungsweise Kombinationen aus  
5 beidem in Betracht, welche dazu geeignet sind, Rußpartikel  
aus dem Abgas, welches durch das Abgasrohr 14 strömt,  
herauszufiltern. Insbesondere sollten auch vergleichsweise  
große Rußpartikel von den Tiefenfiltern herausgefiltert  
werden können. Der Porendurchmesser variiert im Bereich von  
10 ungefähr 40 µm bis ungefähr 1000 µm. Insgesamt weist der  
Tiefenfilter 16 eine Porosität von mehr als 60% auf.

Wie aus der vergrößerten Detailansicht von Figur 3  
hervorgeht, ist die Siliciumcarbidstruktur 28 des  
15 Tiefenfilters 16 mit einem katalytischen Material 18  
versehen. Das katalytische Material ist so gewählt, dass es  
die Oxidation beziehungsweise Verbrennung der Rußpartikel  
(Bezugszeichen 30 in Figur 3) bei vergleichsweise niedrigen  
Temperaturen fördert, wodurch ein Verstopfen des  
20 Tiefenfilters 16 verhindert wird. Das katalytische Material  
18, welches im Tiefenfilter 16 eingesetzt wird, weist die  
Besonderheit auf, dass es bei einer vergleichsweise  
niedrigen Temperatur flüssig ist. Diese Temperatur kann im  
Bereich der normalen Betriebstemperatur des Tiefenfilters  
25 16 liegen, so dass das katalytische Material 18 im  
Normalbetrieb der Brennkraftmaschine 12 immer flüssig ist,  
sie kann jedoch auch so hoch sein, dass das katalytische  
Material 18 nur dann flüssig ist, wenn die  
Brennkraftmaschine 12 sich in einer speziellen  
30 Betriebsphase befindet, in welcher das von der  
Brennkraftmaschine 12 durch das Abgasrohr 14 abgegebene  
Abgas eine entsprechend hohe Temperatur aufweist.

Bei so genannten "Molten-Salt-Katalysator"-Materialien,  
35 beispielsweise  $\text{Cs}_2\text{SO}_4\text{V}_2\text{O}_5$  oder bei Cs-Vanadaten, liegt die

Temperatur, bei welcher das katalytische Material 18 flüssig ist, bei ungefähr 350 bis 400°C. Durch die Verflüssigung des katalytischen Materials 18 werden die im Tiefenfilter 16 abgeschiedenen Rußpartikel 30 von dem katalytischen Material 18 sehr innig kontaktiert, zum Teil sogar mindestens zeitweise vollständig umschlossen. Hierdurch wird bei gleichem Energieeintrag eine sehr hohe Umwandlungsrate erreicht. Derartige Flüssigkatalysatoren können auch mit anderen der eingangs beschriebenen katalytisch wirksamen Materialien kombiniert werden.

Prinzipbedingt hat der gezeigte Tiefenfilter 16 jedoch nur einen Filterwirkungsgrad von maximal 90%. Dies bedeutet, dass mindestens 10% der Rußpartikel 30 durch den Tiefenfilter 16 hindurchtreten und zum Oberflächenfilter 20 gelangen. Bei dem Oberflächenfilter 20 handelt es sich um einen Wallflow- oder Wandfluss-Filter. Dieser weist eine in Strömungsrichtung gesehene wabenartige Struktur auf, welche aus Cordierit ist und in Figur 4 das Bezugszeichen 32 trägt. Einige der Waben sind auf der zur Brennkraftmaschine 12 weisenden Seite offen und auf der von der Brennkraftmaschine 12 abgewandten Seite geschlossen (der Abgasstrom ist in Figur 4 durch Pfeile 33 angedeutet). Diese Waben tragen das Bezugszeichen 34 in Figur 4. Andere, zu den Waben 34 benachbarte Waben 36 sind auf der der Brennkraftmaschine 12 zugewandten Seite geschlossen und auf der von der Brennkraftmaschine 12 abgewandten Seite offen.

Die Filterwirkung ergibt sich durch die Porosität der Struktur 32 des Oberflächenfilters 20, der Abgasstrom tritt also durch die Wandflächen von den Waben 34 in die Waben 36, entsprechend dem Pfeil 38 in Figur 4. Der in Figur 4 gezeigte Oberflächenfilter weist eine Zellenzahl von 50 bis 300 cpsi, eine Porosität von ungefähr 50% und einen Porendurchmesser von 10 bis 30µm auf. Die Porosität der

Struktur 32 ist so gewählt, dass der Oberflächenfilter 20 vorzugsweise kleine Rußpartikel aus dem Abgasstrom herausfiltert. Der Filterwirkungsgrad des Oberflächenfilters 20 liegt bei 95 bis 99%. Insgesamt werden so aufgrund der Kombination des Tiefenfilters 16 und des Oberflächenfilters 20 über 99% der Rußpartikel aus dem Abgas herausgefiltert.

Im Laufe der Zeit bilden die am Oberflächenfilter 20 abgelagerten Rußpartikel 30 einen so genannten "Filterkuchen", welcher dann, wenn er zu groß ist, die Durchlässigkeit des Oberflächenfilters 20 beeinträchtigen und somit den Abgas-Gegendruck erhöhen kann. Dieser Filterkuchen aus den Rußpartikeln 30 bildet sich jedoch nur sehr langsam, da insgesamt ja nur sehr wenige Rußpartikel 30 überhaupt bis zum Oberflächenfilter 20 gelangen. Dennoch wird der Oberflächenfilter 20 durch ein so genanntes CRT-Verfahren von den Rußpartikeln entweder kontinuierlich oder zyklisch befreit.

Hierzu verfügt der Oberflächenfilter 20 auf seiner der Brennkraftmaschine 12 zugewandten Seite (Einströmseite) über eine Struktur 22 mit einem Platin-Katalysatormaterial, vorliegend einem Pt-Ce/ZrO<sub>2</sub>-Gemisch. Hierdurch wird ohnehin im Abgas enthaltenes Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert. Mittels dieses Stickstoffdioxids kann der am Oberflächenfilter 20 abgelagerte Ruß 30 ebenfalls bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen (unter 400°C) vorzugsweise kontinuierlich oxidiert werden.

Die von der Brennkraftmaschine 12 abgewandte Oberfläche der Struktur 32 des Oberflächenfilters 20 ist mit einer Katalysatorschicht 24 versehen, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus einem herkömmlichen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatormaterial besteht. Hierdurch werden im

Abgas befindliche Stickoxide reduziert. Dies hat mit der  
eigentlichen Funktion des Oberflächenfilters 20 nichts zu  
tun, spart jedoch Einbauraum. Grundsätzlich denkbar ist  
aber auch die Verwendung anderer katalytisch aktiver  
5 Materialien, wie sie eingangs aufgeführt wurden.

5

10

## Ansprüche

1. Abgassystem (10) für eine Brennkraftmaschine (12), mit einem Tiefenfilter (16) zur Entfernung von Ruß (30) aus dem Abgas, wobei der Tiefenfilter (16) ein Katalysatormaterial (18) umfasst, welches die Rußoxidation fördert, dadurch gekennzeichnet, dass ein inneres Porengefüge (28) des Tiefenfilters (16) mit einem Katalysatormaterial (18) versehen ist, welches bei einer Betriebstemperatur des Tiefenfilters (16), insbesondere ab einer Temperatur von ungefähr höchstens 400 °C, stärker bevorzugt von höchstens ungefähr 350 °C, flüssig ist.
2. Abgassystem (16) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial (18) des Tiefenfilters (16) "Molten Salt"-Material, insbesondere  $\text{Cs}_2\text{SO}_4\text{V}_2\text{O}_5$  oder Cs-Vanadate oder Ag-Verbindungen, insbesondere Ag-Vandante, umfasst.
3. Abgassystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial zusätzlich umfasst: Rh und/oder Pd, auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Cer oxiden und/oder Misch oxiden wie beispielsweise Ce/ZrO<sub>2</sub>, oder ohne Träger; Elemente der Gruppe 11 (Ag, Au, und/oder Cu) auf Trägern wie Aluminium, Zirkonium, Cer oxiden und/oder Misch oxiden wie beispielsweise Ce/ZrO<sub>2</sub>, oder ohne

Träger; Sauerstoff speichernde und abgebende Materialien, beispielsweise Verbindungen von Mn, Fe, Ce, Pr; unter Abgasbedingungen nitratbildende Materialien ( $\text{NO}_x$ -Speicher), insbesondere Elemente der Erdalkaligruppe, sowie der Gruppe 3 und der Seltenen Erden; und/oder Materialien, die sich durch eine hohe Acidität auszeichnen, beispielsweise Zeolithe und folgende Oxide oder Oxidmischungen:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Boroxide.

4. Abgassystem (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Tiefenfilter (16) einen offenporigen Siliciumcarbid-Schaumfilter (28) mit Porendurchmessern im Bereich von ungefähr 40  $\mu\text{m}$  bis ungefähr 1000  $\mu\text{m}$  und einer Porosität von mindestens ungefähr 60% umfasst.

5. Abgassystem (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es einen nachgeschalteten Oberflächenfilter (20) umfasst, und dass stromaufwärts von dem Oberflächenfilter (20) eine Katalysatoreinrichtung (22) angeordnet ist, durch die aus dem Abgas Stickstoffdioxid gebildet wird.

6. Abgassystem (16) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es einen nachgeschalteten Oberflächenfilter (20) umfasst, und dass eine Struktur (32) des Oberflächenfilters (20) mit einem Katalysatormaterial (24) versehen ist.

7. Abgassystem (16) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial (24) ein Material aus der Aufzählung von Anspruch 2 umfasst.

8. Abgassystem (16) nach Anspruch einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial (24) ein herkömmliches  $\text{NO}_x$ -Speicher-Katalysatormaterial, ein herkömmliches  $\text{NH}_3$ -SCR-

Katalysatormaterial, und/oder ein sonstiges Material zur Minderung von Stickoxidemissionen umfasst.

- 5 9. Abgassystem (16) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Oberflächenfilter (20) einen Cordieritfilter (32) mit einer Zellenzahl von ungefähr 50 bis ungefähr 300 cpsi, einer Porosität von ungefähr 50% und einem Porendurchmesser von höchstens ungefähr 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise höchstens ungefähr 40  $\mu\text{m}$ , noch stärker bevorzugt höchstens ungefähr 10  $\mu\text{m}$  umfasst.
- 10 10. Abgassystem (16) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Oberflächenfilter (20) auf seiner Einströmseite ein Pt-Katalysatormaterial (22), insbesondere Pt-Ce/ZrO<sub>2</sub>, und auf seiner Ausströmseite ein herkömmliches NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatormaterial (24) umfasst.
- 15 11. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Abgassystem (16) nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Oberflächenfilter (20) ablagernder Ruß (30) kontinuierlich oxidiert wird.

5

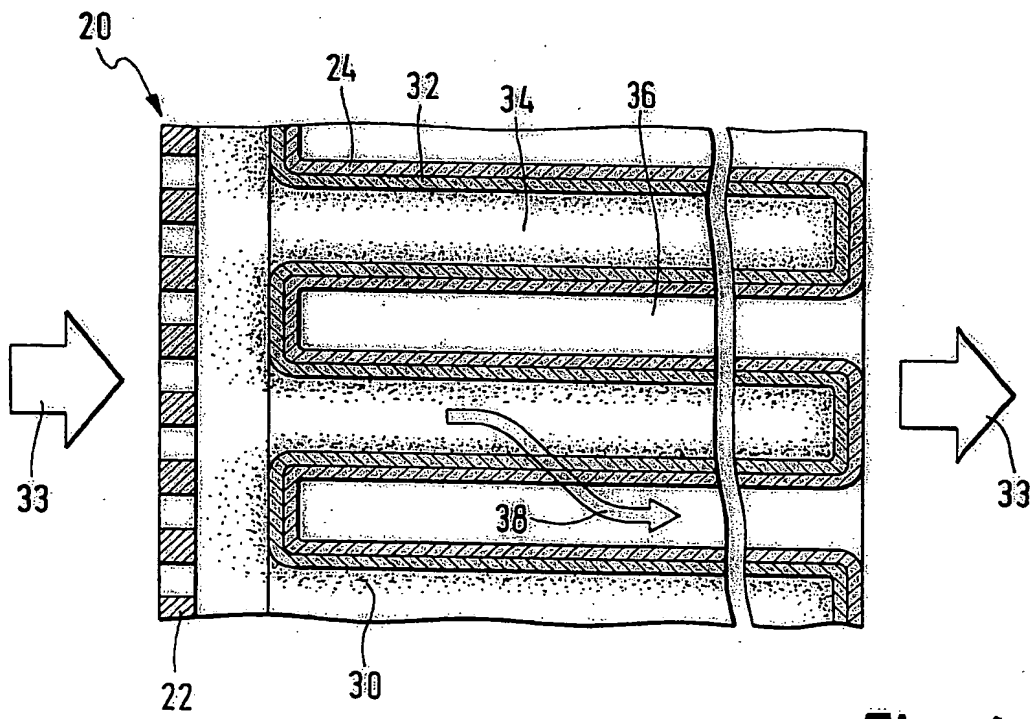
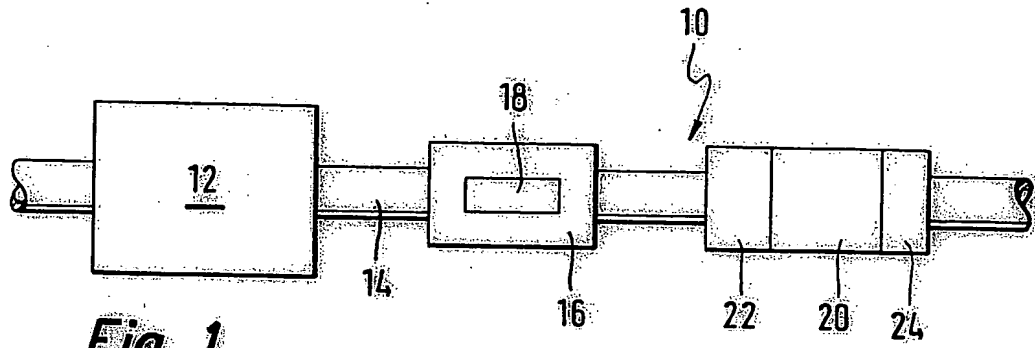
10

#### Zusammenfassung

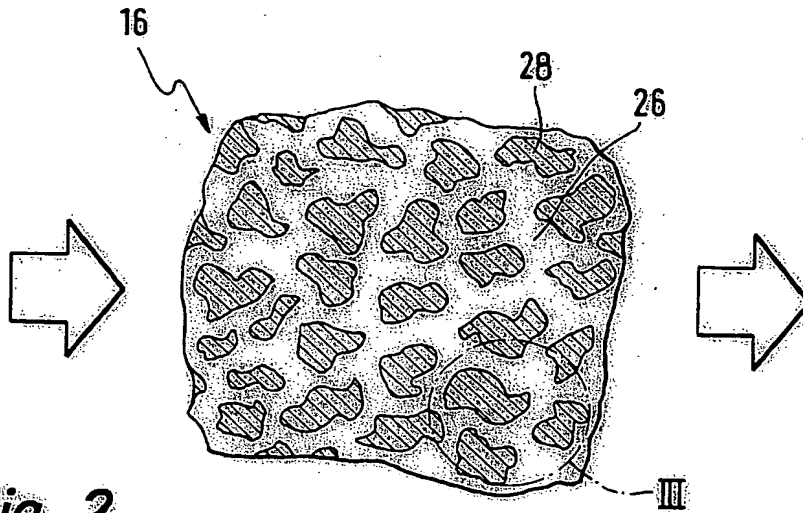
- 15 Ein Abgassystem für eine Brennkraftmaschine umfasst einen  
Tiefenfilter (16) zur Entfernung von Ruß aus dem Abgas. Der  
Tiefenfilter (16) umfasst ein Katalysatormaterial (18),  
welches die Rußoxidation fördert. Es wird vorgeschlagen,  
dass ein inneres Porengefüge (28) des Tiefenfilters (16)  
20 mit einem Katalysatormaterial (18) versehen ist, welches ab  
einer Temperatur von ungefähr höchstens 400°C, stärker  
bevorzugt von höchstens ungefähr 350°C, flüssig ist.  
Figur 3



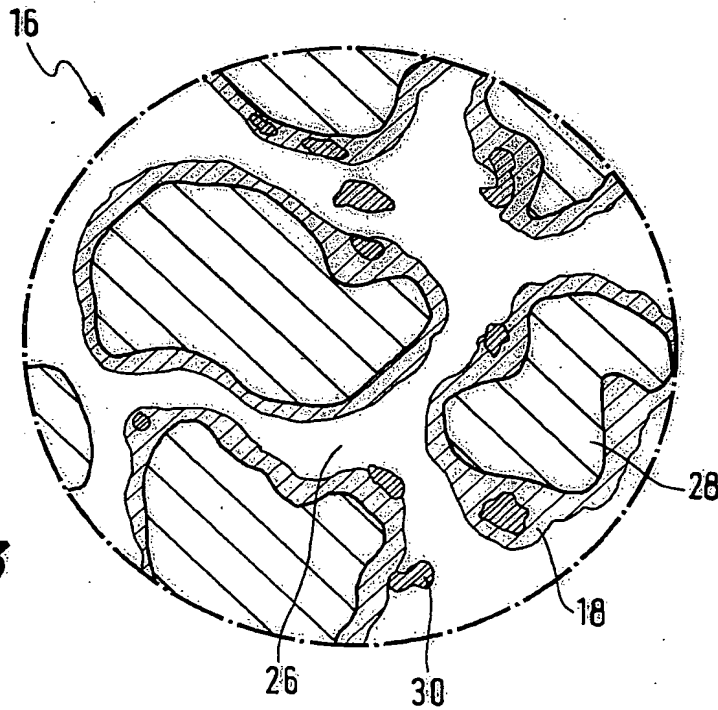
1 / 2



2 / 2



**Fig. 2**



**Fig. 3**